

zu P.6.10 952 DE 11



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Übersetzung der  
europäischen Patentschrift  
87 EP 0 834 225 B 1  
10 DE 696 01 636 T 2

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 04 B 7/204  
H 04 B 7/04

21	Deutsches Aktenzeichen:	696 01 636.2
86	PCT-Aktenzeichen:	PCT/FR96/00934
86	Europäisches Aktenzeichen:	96 922 940.0
87	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 97/01226
86	PCT-Anmeldetag:	18. 6. 96
87	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	9. 1. 97
87	Erstveröffentlichung durch das EPA:	8. 4. 98
87	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	3. 3. 99
47	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	12. 8. 99

30 Unionspriorität:  
9507587 23. 06. 95 FR

73 Patentinhaber:  
Thomson-CSF, Paris, FR

74 Vertreter:  
Spott Weinmiller & Partner, 82340 Feldafing

84 Benannte Vertragsstaaten:  
CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, IT, LI, SE

12 Erfinder:  
MONOT, Jean-Jacques, F-92402 Courbevoie Cedex,  
FR; BERRANGER, Robert, F-92402 Courbevoie  
Cedex, FR; MULTEDO, Gilbert, F-92402 Courbevoie  
Cedex, FR

54 VERFAHREN ZUR KALIBRIERUNG VON SENDE/EMPFANGSKETTEN EINER BASISSTATION EINES MOBILEN  
FUNKKOMMUNIKATIONSSYSTEMS

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 696 01 636 T 2

DE 696 01 636 T 2

96922940.0  
Fo 59588 /DE

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum  
5 Abgleich von Sende- und Empfangsketten in einer Mehrkanal-  
Sende/Empfangsvorrichtung einer Basisstation in einem Mobil-  
funksystem sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses  
Verfahrens, unter Verwendung insbesondere einer Mehrkanal-  
Sende/Empfangstechnik, die unter der Abkürzung AMRS bekannt  
10 ist (Accès Multiple à Répartition Spatiale - Mehrfachzu-  
griff mit räumlicher Verteilung).

Die Funkverkehrssysteme mit mobilen Teilnehmern  
beruhen meist auf dem Konzept eines zellenförmigen Netzes,  
in dem eine Basisstation mit einer bestimmten Anzahl von in  
15 der Zelle vorhandenen mobilen Teilnehmern verkehrt, für die  
sie zuständig ist.

Die Basisstationen verwenden derzeit für das Aus-  
senden und Empfangen der Signale nur einfache Antennensysteme  
vom Typ Monoantenne oder Mehrfachantenne mit Hochfre-  
20 quenzkombination, um eine vollständige Erfassung der Zelle  
zu gewährleisten, oder vom Typ Antennenpaar, um einen räum-  
lichen Diversity-Empfang zu erhalten.

Das AMRS-Konzept, das derzeit in der Literatur weit  
verbreitet ist, hat zum Ziel, die Kapazität einer Basis-  
25 station zu erhöhen, indem ein Mehrkanal-Sende- und Empfangs-  
betrieb auf angepaßte und intelligente Weise erfolgt.

Die Realisierung dieser Technik stößt jedoch auf  
Probleme bei der Durchführung und der Beherrschung der  
Verzerrungen in den Sende- und Empfangsketten. Insbesondere  
30 ist das am meisten störende Phänomen das unterschiedliche  
Verhalten der Kanäle nach Phase und Amplitude. Beim Empfang  
verhindert dieses Phänomen eine korrekte Ortung des mobilen  
Teilnehmers und damit die Zuordnung einer AMRS-Frequenz. In  
Senderichtung kann dieses Problem die Aussendung eines  
35 Signals in einer nicht gewünschten Richtung hervorrufen.

Die Techniken, um diese Probleme zu beherrschen, sind für die Empfangsrichtung gut bekannt, da sie in den Funkpeilgeräten realisiert werden und in einer Kalibrierung der Antennenbasis und dann einem häufigen Abgleich der Empfangskanäle bestehen.

In Senderichtung ist das Problem komplexer, da es darum geht, die Sendekanäle (nach der Kalibrierung der Antennenbasis abzugleichen, und zwar unabhängig von der Struktur der Antennenbasis.

Ziel der Erfindung ist es, die erwähnten Nachteile zu beheben.

Hierzu ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren, das einen regelmäßigen Abgleich der Sende- und der Empfangskette jedes der von einer Basisstation eines Funkverkehrssystems mit mobilen Teilnehmern gebildeten Kanäle erlaubt, mit einer Sende/Empfangsantennenbasis und einer Mehrkanal-Sende/Empfangsvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß es nach einem Verfahrensschritt (4) der Kalibrierung der Antennenbasis darin besteht,

- in einem Verfahrensschritt des Abgleichs der Empfangsketten bezüglich jedes Kanals ein erstes bestimmtes Abgleichsignal synchron auf jede der Empfangsketten zu verteilen und dann ein Entzerrungsfiler zu berechnen, das die Transferfunktionen bezüglich jeder Empfangskette invertiert,

- in einem Verfahrensschritt des Abgleichs der Sendeketten bezüglich jedes Kanals ein zweites bestimmtes Abgleichsignal synchron auf alle Sendeketten zu verteilen, aus jedem Kanal einen Teil des Sendesignals vor der Übertragung auf die Antennenbasis zu entnehmen und ihn wieder in die Empfangskette einzuspeisen, und dann ein Entzerrungsfiler zu berechnen, das die Transferfunktionen bezüglich jedes Sendekanals invertiert,

- die von der Antennenbasis über die vorher für die Empfangsketten berechneten Entzerrungsfiler kommenden

Signale zu empfangen oder Signale über die vorher für die Sendeketten berechneten Entzerrungsfilter auszusenden, die von der Mehrkanal-Sende/Empfangsvorrichtung stammen.

5 Der Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß man einen Abgleich der Sende- und Empfangskanäle eines Funkverkehrssystems unter Verwendung einer AMRS-Technik durchführt, wodurch eine Beherrschung der Wellenfront der von dem System empfangenen und ausgesendeten Signale gewährleistet werden kann, indem Abgleichsignale verwendet werden, 10 die die Phänomene der Kopplung zwischen Antennen vermeiden.

Andere Vorzüge und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden nun anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert.

15 Figur 1 zeigt ein Mobilfunksystem mit einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 2 zeigt ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 3 zeigt ein Funktionsbild einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

20 Figur 4 zeigt das Abgleichsignal der Sendeketten nach Frequenz und Zeit.

Figur 5 zeigt eine erste Lösung für die Verteilung der Träger innerhalb des Nutzfrequenzbands.

25 Figur 6 zeigt eine zweite Lösung der Verteilung der Träger innerhalb des Nutzfrequenzbands.

Die Figuren 7a und 7b zeigen die lineare Verstärkungszone der Sendeketten und die Wirkung von Phasenverzerrungen abhängig von der Amplitude der modulierenden Hüllkurve.

30 Figur 8 ist ein Funktionsbild entsprechend der Vorkorrektur-Verstärkungsstufe der Sendekette.

Eine Vorrichtung 1 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt zwischen einer Sende/Empfangsvorrichtung 2 vom Typ AMRS und einer Antennenbasis 3, die dies 35 Figur 1 zeigt.

Sie ist daher unabhängig von den AMRS-Signalverarbeitungen, die von der Vorrichtung ad hoc durchgeführt werden, und verwendet ebensoviele Sende- und Empfangskanäle wie Antennen.

5           Figur 2 zeigt ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10           Nach einem ersten Schritt 4, der Kalibrierung der Antennen der Antennenbasis, besteht das erfindungsgemäße Verfahren in einem zweiten Schritt 5 des Abgleichs der Empfangsketten bezüglich jedes Kanals und dann in einem dritten Schritt 6 des Abgleichs der Sendeketten bezüglich des Kanals.

15           Nach dem Abgleich erfolgt in einem vierten Schritt 7 der Empfang der von der Antennenbasis 3 empfangenen Signale beziehungsweise die Aussendung der von der Sende/Empfangsvorrichtung 2 ausgesendeten Signale.

20           Im Schritt 8 erfolgt im Fall von Frequenzunterschieden der Empfangs- und Sendesignale ein Abgleich der Empfangsketten jedes der Kanäle bezüglich der Frequenz des Sendesignals.

Um die Nichtlinearität der Verstärkungsketten in Senderichtung zu beheben, ermöglicht ein Schritt 9 eine Vorkorrektur dieser Ketten.

25           Eine Abgleichvorrichtung für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist als Funktionsbild in Figur 3 dargestellt.

30           Sie liegt zwischen der Mehrkanal-Sende/Empfangsvorrichtung 2, insbesondere vom AMRS-Typ, und der Antennenbasis 3. Jeder nicht dargestellten Antenne entspricht ein Kanal, der für Sende- und Empfangsrichtung gebildet ist. In der Figur sind drei Kanäle  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) durch drei übereinanderliegende Ebenen angedeutet.

Jeder Kanal  $i$  enthält:

- 35           - eine Sendekette 10i und eine Empfangskette 11i;
- ein Entzerrungsfilter 12i für das Sendesignal, das an

den Eingang der Sendekette 10i gekoppelt ist;

- ein Entzerrungsfilter 13i für das Empfangssignal, das an den Ausgang der Verstärkungskette 11i gekoppelt ist;

- einen Eingangsschalter 14i und 15i sowie einen Ausgangsschalter 16i und 17i für die Sendekette 10i beziehungsweise die Empfangskette 11i. Mit diesen Schaltern kann man auf die verschiedenen Betriebsmodi umschalten, nämlich den Abgleich in Empfangsrichtung, den Abgleich in Senderichtung, Sendung/Empfang;

- einen Koppler 18i am Ausgang der Sendekette 10i hinter dem Ausgangsschalter 16i der Sendekette 10i, mit dem ein Teil des Sendesignals vor seiner Weitergabe an die Antennenbasis 3 entnommen werden kann, um an den Eingang der Empfangskette 11i über der Eingangsschalter 15i der Empfangskette 11i angelegt zu werden.

Das Entzerrungsfilter 12i in Senderichtung liegt am Eingang des Kanals i vor dem eingangsseitigen Schalter 14i der Sendekette 10i, und das Entzerrungsfilter 13i in Empfangsrichtung liegt am Ausgang des Kanals i hinter dem Ausgangsschalter 17i der Empfangskette 11i.

Außerdem enthält die Vorrichtung für alle Kanäle i gemeinsam:

- einen ersten Generator 19 für ein Abgleichsignal der Sendeketten 10i, der an einen ersten Verteilmodul 20 zur Verteilung eines ersten bestimmten Abgleichsignals auf die Sendeketten 10i jedes der Kanäle i über den Eingangsschalter 14i der Sendekette 10i gekoppelt ist, der hinter dem Entzerrungsfilter 12i liegt. Der Generator für das Abgleichsignal kann direkt in der Mehrkanal-Sende/Empfangsvorrichtung realisiert sein;

- einen zweiten Generator 21 für ein Abgleichsignal der Empfangsketten 11i, der an einen zweiten Verteilmodul 22 zur Verteilung eines zweiten bestimmten Abgleichsignals auf die Empfangsketten 11i jedes der Kanäle i über den Eingangsschalter 15i der Empfangskette 11i gekoppelt ist,

- und einen Analysator 23, der eine Analyse der verschiedenen Abgleichsignale durchführt und die Entzerrungsfilter 12i beziehungsweise 13i an die Sende- bzw. Empfangsketten 10i, 11i anpaßt.

5 Die Vorrichtung kann außerdem eine Vorkorrekturstufe 24 für die Sendeketten aufweisen, die zwischen dem Entzerrungsfilter 12i und der Sendekette 10i liegt und in der Figur mit unterbrochenen Linien angedeutet ist.

Der Abgleichsignalanalysator 23 ermöglicht in diesem Fall auch die Analyse der Korrektursignale.

10 Nun folgt eine detaillierte Beschreibung des Betriebs der Abgleichvorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Der Abgleich (Schritt 5) der Empfangskette 11i soll 15 die Abweichungen der Transferfunktionen der Empfangsketten 11i korrigieren. Diese Abweichungen beruhen im wesentlichen auf Temperaturänderungen innerhalb der Schaltkreise.

Die Entzerrungsfilter 13i am Ausgang der Empfangsketten 11i besitzen Transferfunktionen, deren Veränderung dementsprechend berücksichtigt werden muß, indem zyklisch 20 ein Abgleichsschritt 5 erfolgt.

Bei diesem Abgleich 5 wird ein Abgleichssignal eingespeist, dessen Merkmale als bekannt angenommen werden, worauf Messungen durchgeführt werden, mit denen die Transferfunktionen bestimmt werden können, um sie zu korrigieren. 25 Um die Messungen zu vereinfachen, besteht das Abgleichssignal aus mehreren Trägern, die eine frequenzmäßige Trennung der Transferfunktionen durchzuführen erlaubt.

Die in einem Prozessor der AMRS-Sende/Empfangsvorrichtung durchgeführten Verarbeitungen sprechen auf differenzielle Abweichungen eines Kanals i bezüglich des nächsten an. Es handelt sich nicht um absolute Transferfunktionen, die korrigiert werden müssen, sondern nur um die differentiellen Abweichungen zwischen einem Kanal i und einem anderen. 35

Bezeichnet man mit  $H_i(f)$  die Transferfunktion des Kanals  $i$  und mit  $\underline{m}_i$  den Vektor der gemessenen komplexen Verstärkungsgrade, dann gilt:

$$\underline{m}_i(k) = \frac{H_i(f_k)}{H_1(f_k)} \quad k = 1, \dots, N \quad (1)$$

Hierbei dient der Kanal 1 als Bezugskanal,  $f_k$  bezeichnet die bei den Messungen verwendeten Frequenzen und  $N$  bezeichnet die Anzahl der verwendeten Träger.

Die Messung der Kennlinien der Entzerrungsfilter 131 bei den verschiedenen Frequenzen können mit einer schnellen Fourier-Transformierten FFT oder einer diskreten Fourier-transformierten DFT durchgeführt werden. Beispielsweise erfolgen sie nacheinander, und man verwendet eine DFT zur Durchführung der Messung, um jegliche Probleme einer Intermodulation zu vermeiden. Im Fall einer Messung mittels FFT müssen die verwendeten Frequenzen orthogonal liegen, d.h. einen Frequenzabstand gleich dem Kehrwert der Dauer der FFT-Messung besitzen.

Man muß also einen Satz von  $p$  Koeffizienten eines FIR-Filters (FIR = mit beschränkter Impulsantwort FIR - Finite Impuls Response) für jede der Empfangsketten 11i berechnen derart, daß für jede Frequenz  $f$  im Nutzband gilt:

$$\left( \frac{H_i(f_k)}{H_1(f_k)} \right) \cdot H_{wi}(f) \approx 1 \quad (2)$$

Die Transferfunktion  $H_{wi}(f)$  ergibt sich wie folgt:

$$H_{wi}(f) = \sum_{l=1}^p \underline{w}_l(1) \cdot e^{2j\pi f l} \quad (3)$$

Da man die differentiellen Transferfunktionen nur für eine diskrete Gruppe von Frequenzen  $\{f_k\}$  kennt, besteht eine einfache Art, um  $\underline{w}_i$  zu erhalten, darin, den Fehler zwischen der gewünschten Transferfunktion und der eines FIR-Filters mit  $p$  Koeffizienten in Richtung des kleinsten quadratischen Fehlers für alle gemessenen Frequenzen zu minimieren, also:

$$\min_{\underline{w}_i} \|\underline{m}_i - F \cdot \underline{w}_i\|^2 \quad (4)$$



mit  $\underline{m}'(k) = [\underline{m}_1(k)]^{-1}$

F ist eine Matrix  $p \times N$ , für die gilt:

$$F(m, n) = \exp(-2j\pi f_m n) \quad (5)$$

Hier bezeichnet m bzw. n die Zeile bzw. Spalte der Matrix und  
 5  $f_m$  ist die m-te Abgleichstandardfrequenz.

Dies führt zu der Lösung:

$$\underline{w}_1 = [F^* \cdot F]^{-1} \cdot F^* \cdot \underline{m}'_1 \quad (6)$$

Hier ist "\*" eine konjugierte Transpositionsoperation.

Der Nutzen eines solchen Vorgehens liegt darin, daß  
 10 die Matrix  $[F^* \cdot F]^{-1} \cdot F^*$  (mit den Abmessungen  $p \times N$ ) konstant ist  
 und daher ein für allemal berechnet werden kann, was die  
 Ermittlung von  $\underline{w}_1$  vereinfacht und hinsichtlich der Rechenleistung  
 verbilligt.

Ein Kompromiß erscheint dann hinsichtlich der Anzahl  
 15 von Koeffizienten p. Ein großer Wert p (d.h. nahe bei N)  
 ergibt einen niedrigen quadratischen Fehler, führt aber zu  
 einer erheblichen Instabilität hinsichtlich der Transfer-  
 funktion zwischen den gemessenen Frequenzen  $f_k$ .

Ein optimaler Wert liegt zwischen  $N/2$  und  $N/3$ , was zu  
 20 einer Korrektur bis auf  $0,5^\circ$  und  $0,1\text{dB}$  führt.

Das Filter 11i muß auch mit einem Tiefpaßfilter  
 gefaltet werden, um eine Dämpfung außerhalb des Nutzbands zu  
 erzielen.

Das Hauptproblem beim Abgleich der Sendeketten 10i  
 25 besteht darin, die Vorrichtung 1 unabhängig von der Anten-  
 nenbasis 3 zu machen, an die sie angeschlossen ist. Diese  
 Unabhängigkeit erlaubt es, verschiedene Arten von Antennen-  
 basen 3 für die AMRS-Funktion zu verwenden (fünfeckige,  
 lineare Antennenbasen u.s.w.).

Der Verfahrensschritt 6 des Abgleichs der Sendekanäle  
 30 im erfindungsgemäßen Verfahren besteht darin, vorab eine  
 Kalibrierung der Antennenbasis bei der Sendefrequenz  $f_e$   
 durchzuführen, um über eine Kalibriertabelle zu verfügen.  
 Nach dieser Kalibrierung erfolgt der Abgleich regulär (wie  
 35 beim Empfang), um die zeitlichen Veränderungen der Sendeka-

näle 10i zu berücksichtigen.

Hierzu wird das Sendesignal mithilfe des Kopplers 18i, der am Ausgang der Vorrichtung 1 liegt, entnommen. Dieses Signal wird in die Empfangskette 11i eingespeist, die  
5 vorher abgeglichen wurde.

Im Fall eines Duplexbetriebs auf verschiedenen Frequenzen für die Aussendung ( $f_e$ ) und den Empfang ( $f_r$ ) muß man durch die Empfangsketten 11i die Sendefrequenz  $f_e$  empfangen können und einen Abgleich der Empfangsketten 11i mit  
10 dieser Frequenz  $f_e$  durchführen.

Um jedes Problem einer Kopplung zwischen den Antennen der Antennenbasis 3 zu vermeiden, die die Messung beeinträchtigen könnte (da die Antennenbasis nicht abgetrennt ist), darf man nicht das gleiche Abgleichsignal in jede  
15 Sendekette 10i einspeisen, da dies dazu führen würde, auf einem Kanal i über die Antennenbasis 3 das Signal zu empfangen, das von den anderen Kanälen i ausgesendet wurde.

Eine erfindungsgemäße Lösung besteht darin, in jeden der Sendekanäle 10i andere Abgleichsignale mit Trägerfrequenzen einzuspeisen, die orthogonal angeordnet sind, nämlich einen Träger der Frequenz  $f_1$  für die Sendekette 10<sub>1</sub> des Kanals 1, einen Träger der Frequenz  $f_2$  für die Sendekette 10<sub>2</sub> des Kanals 2 und einen Träger der Frequenz  $f_n$  für die Sendekette 10<sub>n</sub>. Der Abstand zwischen den Trägern wird durch die  
20 Meßdauer T festgelegt. Diese Signale werden synchron auf jedem der Kanäle i ausgesendet, um eine genaue Phasenmessung zu erlauben. Diese Synchronisierung erfordert

- einen für die verschiedenen Kanäle i gemeinsamen digitalen Abgleichsignalgenerator 19,
- 30 - Analog/Digitalwandler (nicht dargestellt), die den gleichen Takttakt verwenden,
- und eine gemeinsame Bezugsfrequenz, die an alle Kanäle i für die Transpositionsfunktionen verteilt wird.

Wie in Figur 4 gezeigt, besteht das Prinzip der  
35 Orthogonalität darin, solche Frequenzen  $1/T$  auszuwählen, daß

ihr Frequenzabstand umgekehrt gleich der Dauer  $T$  der Meß-  
beobachtung ist. Wenn man nämlich eine Erfassung der Träger  
durch DFT oder FFT ohne Gewichtungsfenster durchführt,  
ergibt sich ein Frequenzverlauf derart, daß die anderen  
5 Träger an den Mindestwerten dieses Verlaufs (bei  $\sin x/x$ )  
liegen.

Je nach dem Grad der durch die Sendekette 10i erzeug-  
ten Verzerrung sind zwei Lösungen denkbar. Wenn die Sende-  
kette nur eine für das ganze Nutzfrequenzband gleiche Pha-  
senverschiebung erzeugt, besteht die erste Lösung darin,  
10 ebenso viele Träger zu erzeugen, wie es Kanäle  $i$  gibt, und  
sie möglichst genau im Zentrum des Nutzfrequenzbands an-  
zuordnen.

Diese erste Lösung ist in Figur 5 dargestellt.

15 Bezeichnet man mit  $m_i$  den komplexen gemessenen diffe-  
rentiellen Verstärkungsgrad für den Kanal  $i$ , dann hat das  
Entzerrungsfilter 12i den folgenden komplexen Verstärkungs-  
grad:

$$m'_i = 1/m_i \quad (7)$$

20 Wenn die Sendeketten 10i erhebliche Phasen- und  
Amplitudenverzerrungen im Nutzfrequenzband hervorrufen,  
führt das Entzerrungsfilter 12i eine Filterung durch. Die  
verwendete Methode ist dann die gleiche wie für den Ab-  
gleichschritt 5 beim Empfang, aber diesmal erfolgen die  
25 Messungen nach Unterbereichen, die jedoch stets unterschied-  
liche Frequenzen für jeden Sendekanal besitzen.

Diese zweite Lösung ist in Figur 6 gezeigt.

Es sei  $\underline{m}_i$  der Vektor der komplexen differentiellen  
Verstärkungsgrade für jeden der Unterbereiche des Kanals  $i$ .  
30 Dann ist das Entzerrungsfilter 12i des Kanals  $i$  ein FIR-  
Filter, dessen Koeffizientenvektor sich aus der nachfolgen-  
den Gleichung ergibt:

$$\underline{w}_i = [F^* \cdot F]^{-1} \cdot F^* \cdot \underline{m}'_i \quad (8)$$

Hierbei ist  $\underline{m}'_i$  der Vektor der inversen komplexen Verstär-  
35 kungsgrade.

Alle Messungen zum Abgleich erfolgen in der linearen Zone der nicht gezeigten Verstärker der verschiedenen Sendeketten 10i. Leider haben jedoch die verwendeten Verstärker eine lineare Verstärkung nur in einer engen Zone von Eingangspegeln, wie Figur 7a zeigt.

Die Verstärker rufen nämlich eine Phasenverzerrung PM und Amplitudenverzerrung AM hervor, die nur von der Amplitude der modulierenden Hüllkurve abhängt, wie dies in Figur 7b gezeigt ist.

Die AMRS-Sende/Empfangsvorrichtung 2 bildet die Strahlen, indem mehrere Sendungen mit unterschiedlichen komplexen Gewichtungen von einem Kanal zum anderen kombiniert werden. Dies hat zur Folge, daß Signale am Eingang der Verstärker der Sendeketten 10i mit unterschiedlichen Pegeln auf jedem Kanal i auftreten. So sind die Arbeitspunkte der Verstärker nicht alle gleich, was zu einer unterschiedlichen Phasenverzerrung für jeden Kanal i führt.

Um dieses Problem der Phasen- und Amplitudenverzerrung zu beheben, erfolgt beim erfindungsgemäßen Verfahren eine Vorkorrektur 9 der Sendeketten 10i. Dies ergibt sich durch eine Messung der Phasen- und Amplitudentransferfunktion der Verstärker mithilfe einer Vorkorrekturstufe 24i. Die Messung besteht darin, eine Erfassung der augenblicklichen Amplitude sowie der augenblicklichen Phase des modulierenden Signals durchzuführen. Im Fall einer Verarbeitung im Basisband gilt:

$$\rho_k = \sqrt{I_k^2 + Q_k^2} \quad \text{und} \quad \theta_k = \arctg(I_k/Q_k) \quad (9)$$

Hierbei ist  $\rho_k$  der Augenblicksmodul und  $\theta_k$  die Augenblicksphase des Signals, also:

$$I_k = \rho_k \cdot \cos\theta_k \quad \text{und} \quad Q_k = \rho_k \cdot \sin\theta_k \quad (10)$$

Hierbei bedeuten  $I_k$  und  $Q_k$  die komplexen Signale in Phase beziehungsweise in Phasenquadratur.

Die Transferfunktionen der Verstärker werden  $f$  und  $g$  genannt.

$$\rho_{out} = f(\rho_{in}) \quad \text{und} \quad \theta_{out} = \theta_{in} + \Delta\theta_k = \theta_{in} + g(\rho_{in}) \quad (11)$$

Dieser Verfahrensschritt 9 der Vorkorrektur besteht also darin, die inverse Funktion der Transferfunktion des Verstärkers der Sendekette 10i anzuwenden, die in Tabellen AM/AM und AM/PM gespeichert ist, wie dies Figur 8 zeigt.

$$5 \quad \rho'_k = f'(\rho_k) \quad \text{und} \quad \theta'_k = \theta_k + \Delta\theta_k = \theta_k + g'(\rho_k) \quad (12)$$

Die Funktionen  $f'$  und  $g'$  der Vorkorrektur ergeben sich aus den Transferfunktionen  $f$  und  $g$  des Verstärkers, indem das folgende System aufgelöst wird:

$$10 \quad \begin{cases} \rho''_k = f(\rho'_k) = f[f'(\rho_k)] = G \cdot \rho_k; \\ \theta''_k = \theta'_k + g'(\rho_k) = \theta_k + g[f'(\rho_k)] + g'(\rho_k) = \theta_k; \end{cases} \quad (13)$$

Hierbei ist  $G$  der feste Verstärkungsgrad des vom Korrekturorgan 24i und dem Verstärker der Verstärkungskette 10i gebildeten Paars. Also gilt:

$$15 \quad f'(\rho_k) = f^{-1}(G \cdot \rho_k); \quad \text{und} \quad g'(\rho_k) = -g[f^{-1}(G \cdot \rho_k)]. \quad (14)$$

15.03.99

- 13 -

96922940.0

#### ANSPRÜCHE

- 5           1. Verfahren, das einen regelmäßigen Abgleich der  
Sende- und der Empfangskette jedes der von einer Basissta-  
tion eines Funkverkehrssystems mit mobilen Teilnehmern  
gebildeten Kanäle erlaubt, mit einer Sende/Empfangsantennen-  
basis und einer Mehrkanal- Sende/Empfangsvorrichtung, da-  
10 durch gekennzeichnet, daß es nach einem Verfahrensschritt  
(4) der Kalibrierung der Antennenbasis darin besteht,  
- in einem Verfahrensschritt (5) des Abgleichs der Emp-  
fangsketten bezüglich jedes Kanals ein erstes bestimmtes  
Abgleichsignal synchron auf alle Empfangsketten zu verteilen  
15 und dann ein Entzerrungsfilter zu berechnen, das die Trans-  
ferfunktionen bezüglich jeder Empfangskette invertiert,  
- in einem Verfahrensschritt (7) des Abgleichs der Sende-  
ketten bezüglich jedes Kanals ein zweites bestimmtes Ab-  
gleichsignal synchron auf alle Sendeketten zu verteilen, aus  
20 jedem Kanal einen Teil des Sendesignals vor der Übertragung  
auf die Antennenbasis zu entnehmen und ihn wieder in die  
Empfangskette einzuspeisen, und dann ein Entzerrungsfilter  
zu berechnen, das die Transferfunktionen bezüglich jedes  
Sendekanals invertiert,  
25 - die von der Antennenbasis über die vorher für die  
Empfangsketten berechneten Entzerrungsfilter kommenden  
Signale zu empfangen oder Signale über die vorher für die  
Sendeketten berechneten Entzerrungsfilter auszusenden, die  
von der Mehrkanal-Sende/Empfangsvorrichtung stammen (Schritt  
30 7).

- 35           2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß für den Fall, daß die Frequenz ( $f_e$ ) des Sendesignals  
sich von der Frequenz ( $f_r$ ) des Empfangssignals unterschei-  
det, das Verfahren darin besteht (Schritt 8), den Abgleich

der Empfangsketten auf die Frequenz ( $f_e$ ) des Sendesignals durchzuführen, um den Abgleich der Sendeketten zu erlauben.

3. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorkorrektur (Schritt 9) in der Sendekette jedes der Kanäle durchgeführt wird, die darin besteht, die Transferfunktionen hinsichtlich Amplitude und Phase der Verstärker der Sendeketten jedes der Kanäle zu invertieren, die bei der Analyse der Abgleichssignale gemessen wurden.

4. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Analyse der Abgleichssignale der Empfangskette darin besteht, eine Annäherung der Transferfunktion des Entzerrungsfilters der Empfangskette durch eine Methode der kleinsten Quadrate durchzuführen.

5. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Analyse der Abgleichssignale der Sendekette darin besteht, eine Messung der differentiellen Verstärkungsgrade zwischen jedem der Kanäle nach der Entzerrungsfilterung der Empfangsketten auf jedem der Kanäle durchzuführen.

6. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgleich der Sendekette jedes der Kanäle bei einer bestimmten Leistung erfolgt, um in der Linearitätszone des Verstärkers der Sendekette zu bleiben.

7. Abgleichvorrichtung (1) für Sende- und Empfangsketten der von einer Basisstation eines Funkverkehrssystems zwischen mobilen Teilnehmern gebildeten Kanäle, mit einer Sende/Empfangsantennenbasis (3) und einer Mehrkanal-Sende-/Empfangsvorrichtung (2) zur Durchführung des Verfahrens nach

einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß sie zwischen der Mehrkanal-  
Sende/Empfangsvorrichtung (2) und der Antennenbasis (3)  
liegt und für jeden Kanal (i) aufweist:

- 5       - eine Sendekette (10i) und eine Empfangskette (11i);
- ein Entzerrungsfilter (12i) für das Sendesignal, das an  
den Eingang der Sendekette (10i) gekoppelt ist;
- ein Entzerrungsfilter (13i) für das Empfangssignal, das  
an den Ausgang der Verstärkungskette (11i) gekoppelt ist;
- 10       - einen Eingangsschalter (14i und 15i) sowie einen Aus-  
gangsschalter (16i und 17i) für die Sendekette (10i) beziehungsweise die Empfangskette (11i), um die Vorrichtung auf  
die verschiedenen Betriebsmodi umschalten zu können, nämlich  
den Abgleich in Empfangsrichtung, den Abgleich in Senderichtung,  
15       Sendung/Empfang;
- einen Koppler (18i) am Ausgang der Sendekette (10i)  
hinter dem Ausgangsschalter (16i) der Sendekette (10i), mit  
dem ein Teil des Sendesignals vor seiner Weitergabe an die  
Antennenbasis (3) entnommen werden kann, um an den Eingang  
20       der Empfangskette (11i) angelegt zu werden,  
          und daß sie für alle Kanäle (i) gemeinsam aufweist:
- einen ersten Generator (19) für ein Abgleichsignal der  
Sendeketten (10i), der an einen ersten Verteilmodul (20) zur  
Verteilung eines ersten bestimmten Abgleichsignals auf die  
25       Sendeketten (10i) jedes der Kanäle (i) über den Eingangsschalter (14i) der Sendekette (10i) gekoppelt ist;
- einen zweiten Generator (21) für ein Abgleichsignal der  
Empfangsketten (11i), der an einen zweiten Verteilmodul (22)  
zur Verteilung eines zweiten bestimmten Abgleichsignals auf  
30       die Empfangsketten (11i) jedes der Kanäle (i) über den  
Eingangsschalter (15i) der Empfangskette (11i) gekoppelt  
ist,
- und einen Analysator (23), der eine Analyse der ver-  
schiedenen Abgleichsignale durchführt und die Entzerrungs-  
35       filter (12i bzw. 13i) der Sende- bzw. Empfangsketten (10i,



11i) anpaßt.

5           8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorkorrekturstufe (24) der Sendekette (10i) zwischen dem Entzerrungsfilter (12i) der Sendekette (10i) und der Sendekette (10i) liegt.

10           9. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Entzerrungsfilter (13i) der Empfangskette (11i) ein Filter mit beschränkter Impulsantwort ist, dessen Koeffizienten durch eine Methode der kleinsten quadratischen Fehler bestimmt werden.

15           10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das vom Abgleichsignalgenerator (19) der Sendeketten (10i) ausgesendete Signal aus orthogonalen Trägern besteht und gleichzeitig über jede der Sendeketten ausgesendet wird.

20           11. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Entzerrungsfilter (12i) der Sendekette (10i) ein Filter mit beschränkter Impulsantwort ist, dessen Koeffizienten durch eine Methode der kleinsten quadratischen Fehler bestimmt werden.

96922940.0  
0 834 225

15.03.99  
1/5

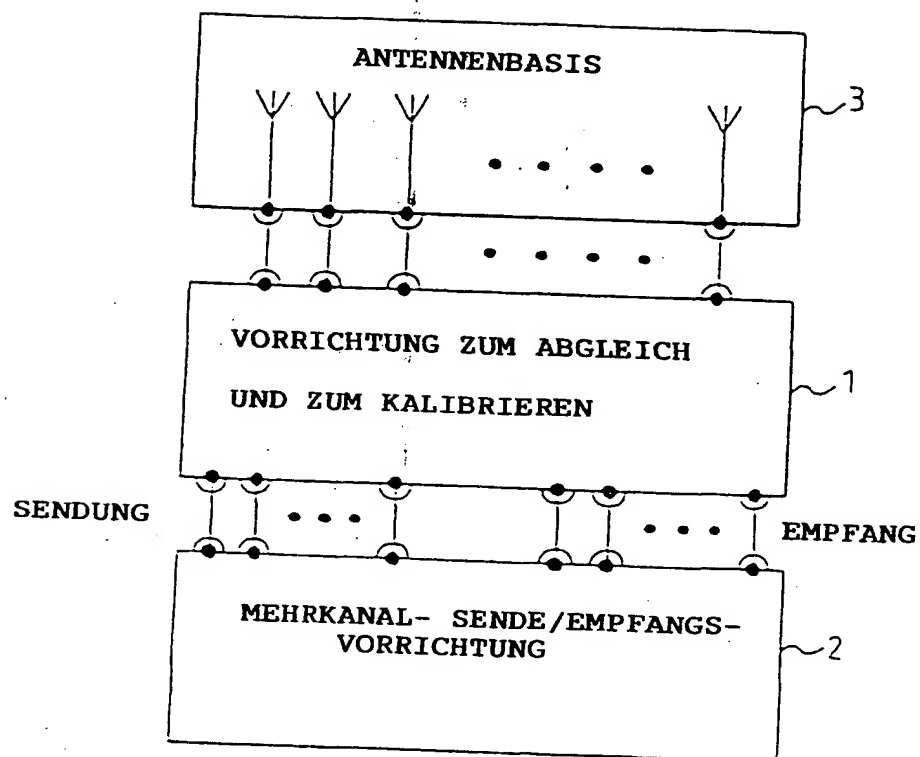


FIG. 1

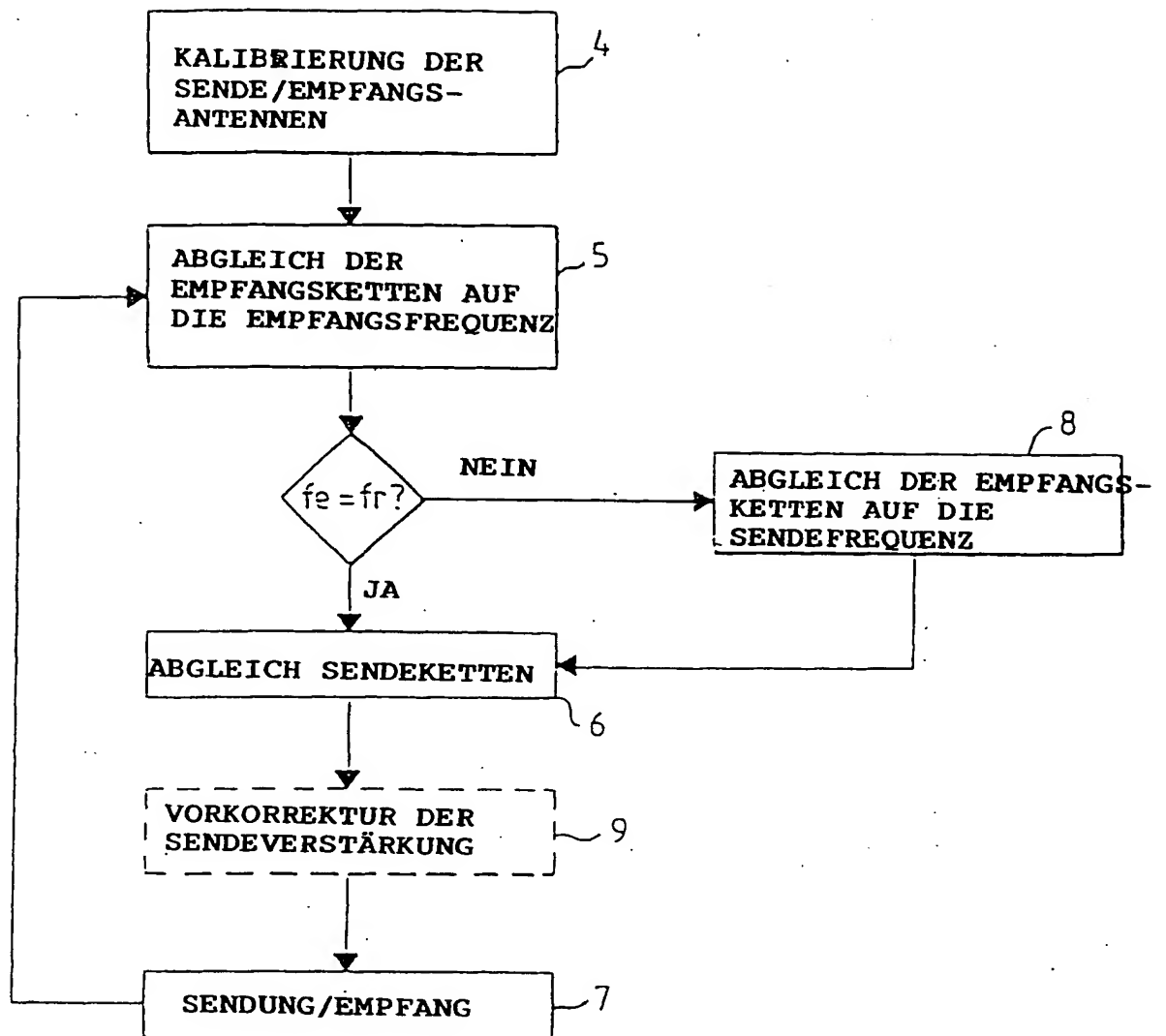


FIG. 2

15.03.99

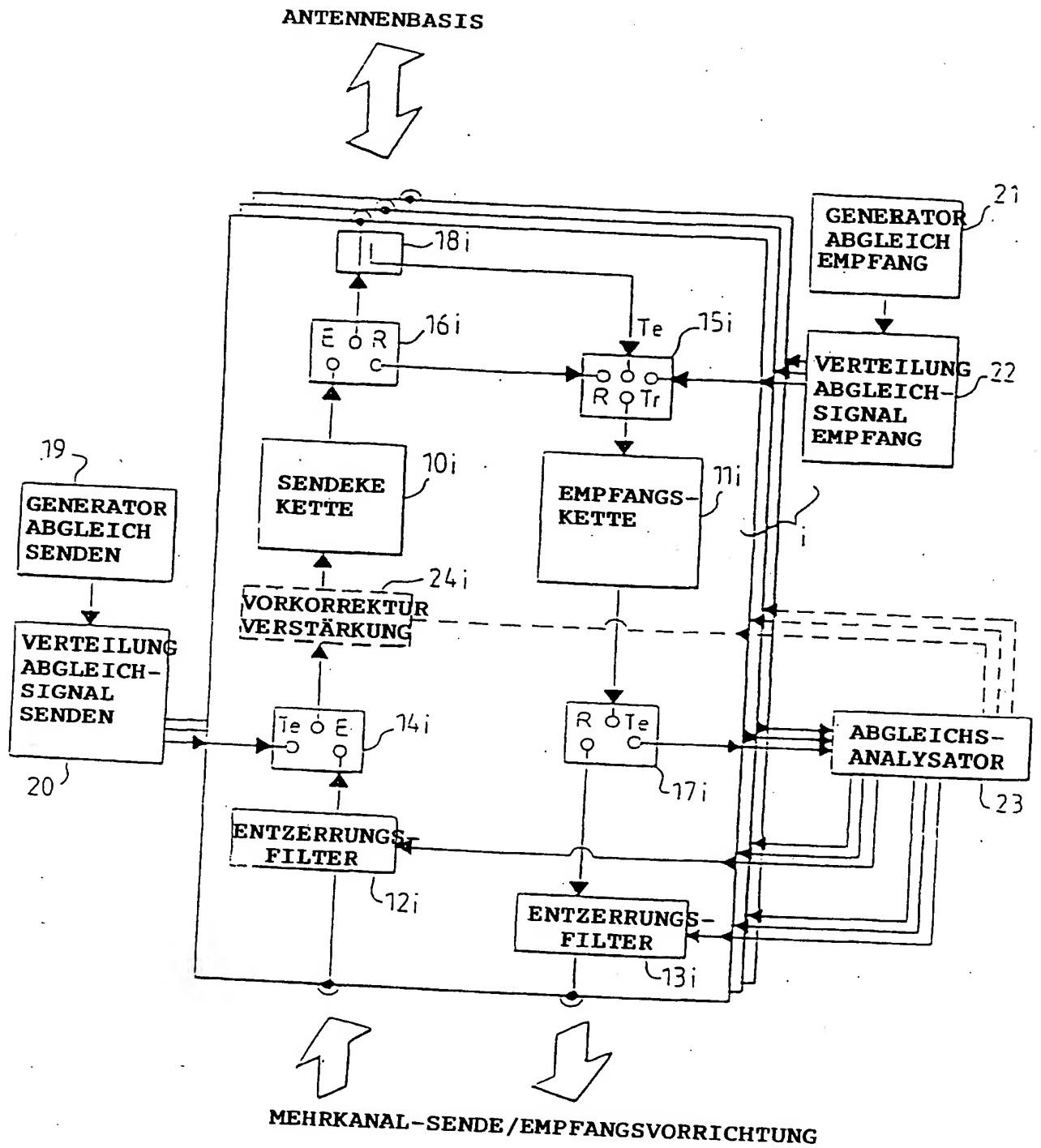
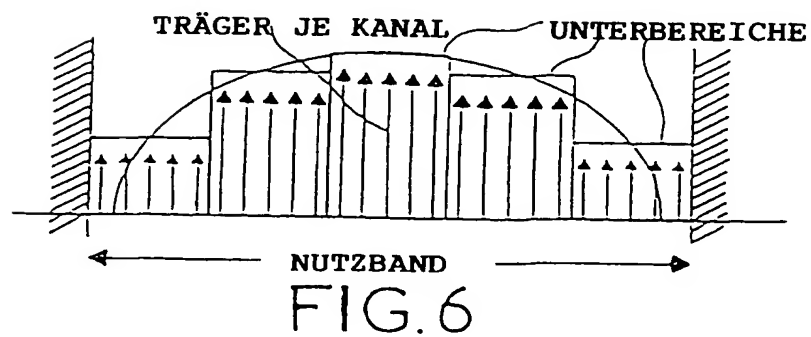
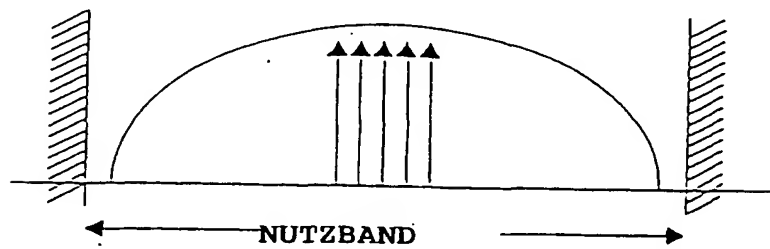
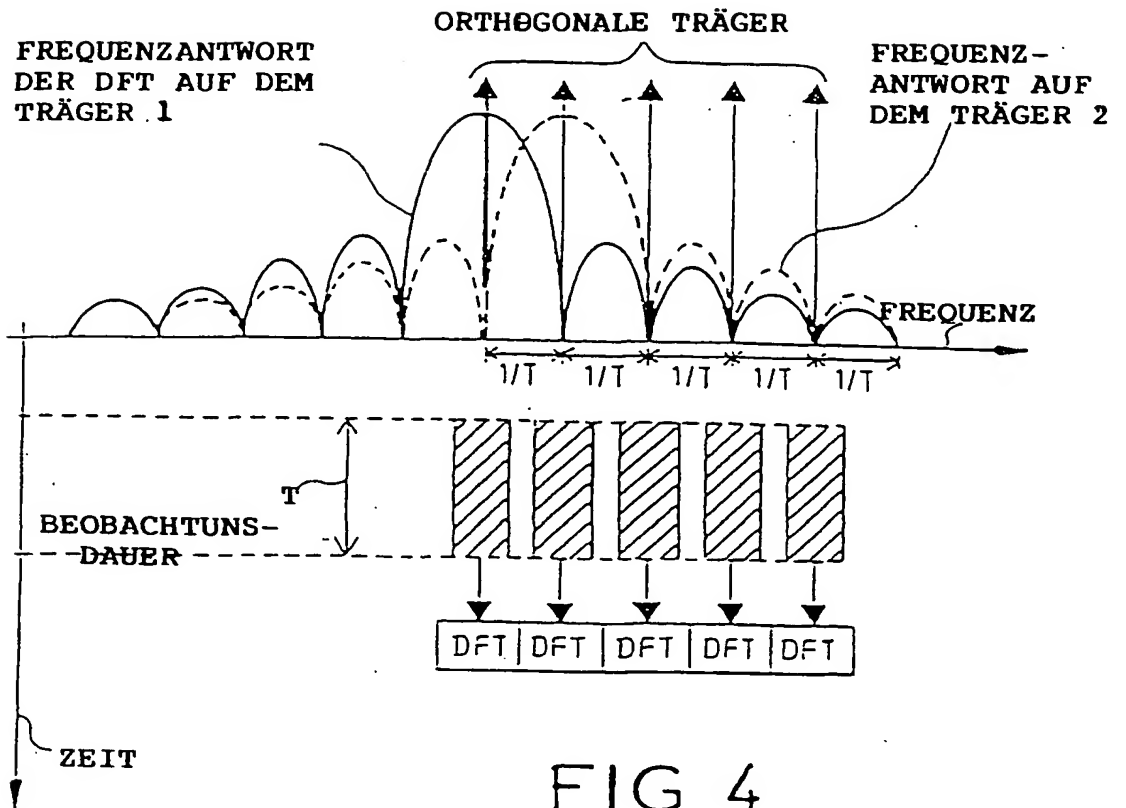


FIG. 3



15.03.99

5/5

